

WO 03/052807 A1



梨県 韮崎市 穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロ
ン A T 株式会社内 Yamanashi (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(74) 代理人: 吉武 賢次, 外(YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒
100-0005 東京都 千代田区 丸の内三丁目 2 番 3 号 富
士ビル 3 2 3 号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

マッチング回路を小型化することによってマイクロ波発生源等をシールド蓋部上に一体化させて搭載することが可能なプラズマ処理装置を提供する。

プラズマ処理装置は、真空引き可能になされた処理容器 4 2 と、前記処理容器内に設けられた、被処理体を載置する載置台 4 4 と、前記処理容器の天井の開口部に設けられたマイクロ波透過板 7 0 と、前記マイクロ波透過板を介して前記処理容器内にマイクロ波を供給するための平面アンテナ部材 7 4 と、前記平面アンテナ部材の上方を覆うように接地されたシールド蓋体 7 8 と、マイクロ波発生源からのマイクロ波を前記平面アンテナ部材へ導くための導波管 8 2 と、前記平面アンテナ部材と前記シールド蓋体との間の上下方向の距離を相対的に変化させる部材昇降機構 8 5 と、前記導波管内に対して挿入可能に設けられた同調棒 1 0 4 と、前記同調棒を、その挿入量を調整可能に移動させる同調棒駆動機構 1 0 2 と、前記アンテナ部材の昇降量と前記同調棒の挿入量とを制御することによりマッチング調整を行うマッチング制御部 1 1 4 とを備えたことを特徴とする。

明 細 書

プラズマ処理装置

技術分野

本発明は、半導体ウエハ等に対してマイクロ波により生じたプラズマを作用させて処理を施すプラズマ処理装置に関する。

背景技術

近年、半導体製品の高密度化及び高微細化に伴い半導体製品の製造工程において、成膜、エッチング、アッシング等の処理のためにプラズマ処理装置が使用される場合があり、特に、0.1～数10mTorr程度の比較的圧力が低い高真空状態でも安定してプラズマを立てることができることからマイクロ波を用いて高密度プラズマを発生させてウエハを処理するプラズマ処理装置が使用される傾向にある。

このようなプラズマ処理装置は、特開平3-191073号公報、特開平5-343334号公報や本出願人による特開平9-181052号公報等の開示されている。ここで、マイクロ波を用いた一般的なプラズマ処理装置を図9を参照して概略的に説明する。図9は従来の一一般的なプラズマ処理装置を示す構成図である。

図9において、このプラズマ処理装置2は、真空引き可能になされた処理容器4内に半導体ウエハWを載置する載置台6を設けており、この載置台6に対向する天井部にマイクロ波を透過する例えば円板状の窒化アルミ等よりなるマイクロ波透過窓8を気密に設けている。具体的には、このマイクロ波透過窓8は、上記処理容器4の上端に設けた例えばアルミニウム製のリング状の支持枠部材10より半径方向内方へ突出させた支持棚部12にOリング等のシール部材14を介して気密に取り付けられている。

そして、このマイクロ波透過窓8の上面に厚さ数mm程度の円板状の平面アンテナ部材16と、必要に応じてこの平面アンテナ部材16の半径方向におけるマ

マイクロ波の波長を短縮するための例えば誘電体よりなる遅波材 18 を設置している。この平面アンテナ部材 16 や遅波材 18 は、これらの上方を覆うようにして、且つ処理容器 4 の上方を塞ぐようにして導体でシールド蓋体 19 を設けている。また、上記遅波材 18 の上方には、内部に冷却水を流す冷却水流路 20 が形成された天井冷却ジャケット 22 が設けられており、シールド蓋体 19 等を冷却するようになっている。そして、アンテナ部材 16 には多数の略円形の、或いはスリット状の貫通孔よりなるマイクロ波放射孔 24 が形成されている。そして、平面アンテナ部材 16 の中心部に同軸導波管 26 の内導体 28 を接続している。この同軸導波管 26 には、モード変換器 30 を介して矩形導波管 32 が接続されると共に、この矩形導波管 32 には、マッチング回路 34 及びマイクロ波発生源 36 が順次接続されている。これにより、マイクロ波発生源 36 より発生した、例えば 2.45 GHz のマイクロ波をアンテナ部材 16 へ導くようになっている。そして、マイクロ波をアンテナ部材 16 の半径方向へ放射状に伝播させつつアンテナ部材 16 に設けたマイクロ波放射孔 24 からマイクロ波を放出させてこれをマイクロ波透過窓 8 に透過させて、下方の処理容器 4 内へマイクロ波を導入し、このマイクロ波により処理容器 4 内にプラズマを立てて半導体ウエハ W にエッチングや成膜などの所定のプラズマ処理を施すようになっている。

上記したようなマイクロ波発生源 36 は、通常においては 5 KW 程度の大きな出力を発生することから、反射波を抑制する上記マッチング回路 34 は、それ自体かなり大きなサイズとなり、そのため、このマッチング回路 34 自体をプラズマ処理装置のフレームよりも外側の床部等に配置して、これより比較的長い矩形導波管 32 を用いてモード変換器 30 へ接続するようにしている。

ところで、このプラズマ処理装置 2 は、定期的、或いは不定期的にメンテナンスに付されるが、この時、シールド蓋体 19 やマイクロ波透過窓 8 等を取り外して、アンテナ部材 16、遅波材 18、容器内の構造物等が検査されることになる。

しかしながら、上記したように処理容器 4 の上方を覆うシールド蓋体 19 を取り外すためには、これに一体的に連結されている長尺で、且つ大きな矩形導波管 32 等を、このフランジ部 32 A のネジ等（図示せず）を緩めることによって取り外さなければならず、メンテナンス作業が非常に煩雑になる、といった問題が

あった。

また、上述したように、矩形導波管 3 2 自体の長さも比較的長いことから、この中でマイクロ波の多重反射も起こり易く、しかも、その分、負荷も大きくなって電力ロスにより電力効率も低下する、といった問題があった。

更に、マッチング回路 3 4 とプラズマとの間の距離が數位相分も離れたものになるため、この間におけるインピーダンスがプラズマインピーダンスに比し、圧倒的に大きなものとなる。このため、プラズマインピーダンスがマッチング回路 3 4 に反映されず、プラズマ着火、プラズマの安定化をマッチング回路 3 4 により適正に制御するのが困難であった。

発明の開示

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、マッチング回路を小型化することによってマイクロ波発生源等をシールド蓋部上に一体化させて搭載することが可能なプラズマ処理装置を提供することにある。

本発明に係るプラズマ処理装置は、真空引き可能になされた処理容器と、前記処理容器内に設けられた、被処理体を載置する載置台と、前記処理容器の天井の開口部に設けられたマイクロ波透過板と、前記マイクロ波透過板を介して前記処理容器内にマイクロ波を供給するための平面アンテナ部材と、前記平面アンテナ部材の上方を覆うように接地されたシールド蓋体と、マイクロ波発生源からのマイクロ波を前記平面アンテナ部材へ導くための導波管と、前記アンテナ部材と前記シールド蓋体との間の上下方向の距離を相対的に変化させる部材昇降機構と、前記導波管内に対して挿入可能に設けられた同調棒と、前記同調棒を、その挿入量を調整可能に移動させる同調棒駆動機構と、前記平面アンテナ部材の昇降量と前記同調棒の挿入量とを制御することによりマッチング調整を行うマッチング制御部とを備えたことを特徴とする。

これにより、マイクロ波の反射波を抑制するマッチング機能を、相対的に上下動する平面アンテナ部材と導波管に対して挿入量が調整可能になされた同調棒に持たせるようにしたので、その分、マイクロ波の伝搬系の構造自体を大幅に小型

化することが可能となり、従って、マイクロ波発生源を含むマイクロ波の伝搬系をシールド蓋体上に一体的に搭載させることが可能となる。

この結果、プラズマ処理装置のメンテナンス時には、導波管等を取り外すことなく、シールド蓋体を処理容器側から取り外すだけで、これを撤去することができ、メンテナンス作業を迅速、且つ容易に行うことが可能となる。

また、マイクロ波を伝搬する導波管の長さを短くできるので、その分、反射波の発生や電力ロスを抑制することが可能となり、更にマッチング回路によるプラズマ制御性を向上させることが可能となる。

この場合、例えば、前記同調棒よりも上流側の導波管には、前記マイクロ波の反射波の状態を検出する反射波検出部が設けられている。

また、例えば、前記検出される反射波の状態は、電力と位相である。

また、例えば、前記導波管の途中には、前記マイクロ波の振動モードを変換するためのモード変換器が設けられている。

また、例えば、前記導波管内には、前記アンテナ部材を昇降させるための可動軸が設けられている。

また、本発明に係るプラズマ処理装置は、真空引き可能になされた処理容器と、前記処理容器内に設けられた被処理体を載置する載置台と、前記処理容器の天井の開口部に設けられたマイクロ波透過板と、前記マイクロ波透過板の上方に設けられた平面アンテナ部材と、前記平面アンテナ部材の上方を覆うように接地されたシールド蓋体と、マイクロ波発生源からのマイクロ波を前記平面アンテナ部材へ導くための導波手段と、前記マイクロ波発生源から前記平面アンテナ部材までの間に形成され、プリント配線基板に進相部品と遅相部品とスイッチ素子とを配列してなるマッチング回路と、前記スイッチ素子を切り替えることによりマッチング調整を行うマッチング制御部とを備えたことを特徴とする。

このように、プリント配線基板を用いていることにより、マッチング回路を小型化したので、その分、マイクロ波の伝搬系の構造自体を大幅に小型化することが可能となり、従って、マイクロ波発生源を含むマイクロ波の伝搬系をシールド蓋体上に一体的に搭載させることが可能となる。

この結果、プラズマ処理装置のメンテナンス時には、導波管等を取り外すこと

なく、シールド蓋体を処理容器側から取り外すだけで、これを撤去することができ、メンテナンス作業を迅速、且つ容易に行うことが可能となる。

また、マイクロ波を伝搬する導波管の長さを短くできるので、その分、反射波の発生や電力ロスを抑制することが可能となる。

この場合、例えば、前記進相部品と前記遅相部品とをマイクロストリップラインで構成している。

また、例えば、前記スイッチ素子は、ピンダイオードである。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明に係るプラズマ処理装置の第 1 の実施例を示す構成図である。

図 2 は、図 1 に示すプラズマ処理装置の動作説明図である。

図 3 は、平面アンテナ部材を昇降させた時の反射係数とインピーダンスとの関係を示すスミスチャートである。

図 4 は、同調棒の変形例を示す部分拡大図である。

図 5 は、本発明装置の第 2 の実施例を示す構成図である。

図 6 は、本発明のプラズマ処理装置の第 3 の実施例を示す構成図である。

図 7 は、プリント配線基板を用いたマッチング回路を示す構成図である。

図 8 は、マイクロストリップラインを用いて進相部品と遅相部品を形成したときの図を示す。

図 9 は、従来の一般的なプラズマ処理装置を示す構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明の係るプラズマ処理装置の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。

図 1 は本発明に係るプラズマ処理装置の第 1 の実施例を示す構成図、図 2 は図 1 に示すプラズマ処理装置の動作説明図である。

図示するようにこのプラズマ処理装置 40 は、例えば側壁や底部がアルミニウム等の導体により構成されて、全体が筒体状に成形された処理容器 42 を有しており、この処理容器 42 は接地されると共に内部は密閉された処理空間 S として

構成されている。

この処理容器42内には、上面に被処理体としての例えば半導体ウエハWを載置する載置台44が収容される。この載置台44は、例えばアルマイト処理したアルミニウム等により凸状に平坦になされた略円柱状に形成されており、この下部は同じくアルミニウム等により円柱状になされた支持台46により支持されると共にこの支持台46は処理容器42内の底部に絶縁材48を介して設置されている。

上記載置台44の上面には、ここにウエハを保持するための静電チャック或いはクランプ機構（図示せず）が設けられ、この載置台44は給電線50によりマッチングボックス52を介して例えば13.56MHzのバイアス用高周波電源54に接続されている。尚、このバイアス用高周波電源54を設けない場合もある。また、バイアス用高周波電源54を設けない場合でも、バイアス用電極を設けて、接地、或いは電氣的にフロート状態とすることにより、プラズマ着火性能を向上することができる。

上記載置台44を支持する支持台46には、プラズマ処理時のウエハを冷却するための冷却水等を流す冷却ジャケット56が設けられる。尚、必要に応じてこの載置台44中に加熱用ヒータを設けてもよい。

上記処理容器42の側壁には、ガス供給手段として、容器内にプラズマ用ガス、例えばアルゴンガスや処理ガス、例えばデポジションガスを導入するための例えば石英パイプ製のガス供給ノズル58が設けられ、このノズル58より流量制御されたプラズマガス及び処理ガスを供給できるようになっている。処理ガスとしてのデポジションガスは、 SiH_4 、 O_2 、 N_2 ガス等を用いることができる。

また、容器側壁には、この内部に対してウエハを搬入・搬出する時に開閉するゲートバルブ60が設けられると共に、この側壁を冷却する冷却ジャケット62が設けられる。また、容器底部には、図示されない真空ポンプに接続された排気口64が設けられており、必要に応じて処理容器42内を所定の圧力まで真空引きできるようになっている。

そして、処理容器42の天井は開口されて開口部が形成されており、この開口部の周縁部に沿って円形リング状の支持枠部材66がOリング等のシール部材6

8を介して設けられており、この支持枠部材66に、誘電体として例えばAlNなどのセラミック材よりなるマイクロ波に対しては透過性を有する厚さが20mm程度のマイクロ波透過板70がOリング等のシール部材72を介して気密に設けられる。これにより、処理容器42内が気密に保持される。

そして、このマイクロ波透過板70の上方に円板状の平面アンテナ部材74がその周縁部を上記支持部材66の上端に離間可能に載置した状態で支持されている。そして、このアンテナ部材74の上面に、円板状の真空の誘電率よりも大きい誘電率の高誘電率特性を有する遅波材76が設けられる。そして、このアンテナ部材74と遅波材76の上方を覆うようにして例えば蓋状に形成されたシールド蓋体78が設けられており、この下端部は上記支持部材66の上端で支持されている。このシールド蓋体78には、内部に冷却水を流す冷却水流路79が形成されており、このシールド蓋体78や上記遅波材76等を冷却するようになっている。また、このシールド蓋体78は接地されている。また、上記平面アンテナ部材74は前記処理容器42内の上記載置台44に対向させて設けられる。

この平面アンテナ部材74は、8インチサイズのウエハ対応の場合には、例えば直径が300～400mm、厚みが1～数mm、例えば5mmの導電性材料よりなる円板、例えば表面が銀メッキされた銅板或いはアルミ板よりなり、この円板には例えば長溝のスリット形状、或いは円形状の貫通孔よりなる多数のマイクロ波放射孔80を同心円状、或いは螺旋状に形成している。

また、上記シールド蓋体78の上部の中心には、開口部86が形成されており、この開口部86には導波管82が接続されると共に、この導波管82の端部には例えば2.45GHzのマイクロ波発生源84が接続されている。これにより、上記マイクロ波発生源84にて発生したマイクロ波を、導波管82を介して上記平面アンテナ部材74へ伝搬できるようになっている。尚、マイクロ波の周波数としては、他に8.35GHz、1.98GHz等を用いることができる。

具体的には、上記導波管82は、上記シールド蓋体78の中央開口部86に直接的に接続固定されて上方へ起立されている断面円形の同軸導波管82Aと、この同軸導波管82Aの上端部に、マイクロ波の振動するモード変換を行うモード変換器88を介して水平方向に向けて接続固定される断面矩形の矩形導波管82

Bとにより構成されている。

そして、上記アンテナ部材 7 4 には、これと上記シールド蓋体 7 8 との間の上下方向の距離を相対的に変化させる部材昇降機構 8 5 が設けられている。具体的には、上記同軸導波管 8 2 A 内には、この中心に沿って延びる棒状の内導体 9 0 が設けられており、この下端部は、上記平面アンテナ部材 7 4 の中心部に接続固定されて、これを保持し得るようになっている。この内導体 9 0 は可動軸となり、上記部材昇降機構 8 5 の一部を構成するものである。また、この内導体 9 0 の上部には、ネジ 9 2 が形成されており、このネジ 9 2 は、上記モード変換器 8 8 の天井壁に設けたネジホルダの機能を有するリッジ 9 4 に螺合されている。そして、このネジ 9 2 の上端部は、上記モード変換器 8 8 の天井壁を貫通しており、この上端部は、保持具 9 8 によってモード変換器 8 8 に固定されているネジ駆動モータ 9 6 のシャフトに接続され、従って、このネジ駆動モータ 9 6 によって上記ネジ 9 2 を回転することにより、上記平面アンテナ部材 7 4 と上面に配置した遅波材 7 6 とを一体的に昇降できるようになっている（図 2 参照）。

一方、上記矩形導波管 8 2 B の側壁には、ピン孔 1 0 0 が形成されており、このピン孔 1 0 0 には、同調棒駆動機構としてのアクチュエータ 1 0 2 に接続された同調棒 1 0 4 が矩形導波管 8 2 B 内に対して挿入可能（出沒可能）に設けられている。また、上記アクチュエータ 1 0 2 も保持具 1 0 6 を介して上記矩形導波管 8 2 B へ取り付け固定されている。上記同調棒 1 0 4 は、例えば金属導体、P Z T（チタン酸ジルコン酸鉛）、アルミナ、セラミックス等よりなり、挿入量がインピーダンスとして働き、先端空間部分がリアクタンスとして働くので、上記矩形導波管 8 2 B に対するこの挿入量を変えることにより、インピーダンスを制御することができるようになっている。この同調棒 1 0 4 は、必要な場合には接地しておく。

また、この同調棒 1 0 4 の取り付け位置よりも上流側の矩形導波管 8 2 B には、マイクロ波の反射波の状態を検出するための反射波検出部 1 0 8 が設けられている。この反射波検出部 1 0 8 は、矩形導波管 8 2 B 内にマイクロ波の伝搬方向に沿って $1/4$ 波長（ λ ）の長さに相当する距離 L_1 だけ離間させて配置した一対の検出プローブ 1 1 0 を有しており、この検出信号を検出本体 1 1 2 へ入力する

ことにより、ここで、反射波の電力と位相とを測定できるようになっている。

そして、この検出本体 1 1 2 の出力は、例えばマイクロコンピュータ等よりなるマッチング制御部 1 1 4 へ入力するようになっており、このマッチング制御部 1 1 4 は、上記ネジ駆動モータ 9 6 と上記アクチュエータ 1 0 2 とへマッチング調整のための駆動信号をそれぞれ出力するようになっている。

次に、以上のように構成されたプラズマ処理装置を用いて行なわれる処理方法について説明する。

まず、ゲートバルブ 6 0 を介して半導体ウエハ W を搬送アーム（図示せず）により処理容器 4 2 内に収容し、リフタピン（図示せず）を上下動させることによりウエハ W を載置台 4 4 の上面の載置面に載置する。

そして、処理容器 4 2 内を所定のプロセス圧力に維持して、ガス供給ノズル 5 8 から例えばアルゴンガスや例えば SiH_4 、 O_2 、 N_2 等のデポジションガスをそれぞれ流量制御しつつ供給する。同時にマイクロ波発生源 8 4 からのマイクロ波を、矩形導波管 8 2 B、モード変換器 8 8 及び同軸導波管 8 2 A を順次介して平面アンテナ部材 7 4 に供給して処理空間 S に、遅波材 7 6 によって波長が短くされたマイクロ波を導入し、これによりプラズマを発生させて所定のプラズマ処理、例えばプラズマ CVD による成膜処理を行う。

ここで、マイクロ波の伝搬に関しては、マイクロ波発生源 8 4 にて発生したマイクロ波は、矩形導波管 8 2 B 内では TE モードで伝搬し、この TE モードのマイクロ波はモード変換器 8 8 にて TEM モードに変換されて、この状態で同軸導波管 8 2 A 内をアンテナ部材 7 4 に向けて伝搬されて行くことになる。

ここで処理空間 S におけるプラズマ状態や圧力状態等の各種の要因で導波管 8 2 内においてはマイクロ波の反射波が発生するが、この反射波の電力や位相は反射波検出部 1 0 8 にて検出され、この反射波を相殺するように、上記マッチング制御部 1 1 4 は同調棒 1 0 4 を上下動させてその挿入量を変えたり、また、平面アンテナ部材 7 4 を昇降させてこれとシールド蓋体 7 8 との間の距離 L 2 を変えるように動作し、いわゆるマッチング機能を発揮する。

すなわち、図 2 にも示すように、同調棒 1 0 4 の矩形導波管 8 2 B 内に対する挿入量を変えることにより L 成分と C 成分を含むインピーダンスが変化し、また、

平面アンテナ部材 7 4 とこの上方のシールド蓋体 7 8 との間の距離 L_2 を調整することによりインピーダンスが変化し、結果的に、反射波を相殺するようにこの導波管 8 2 内におけるインピーダンスを調整することができる。このような反射波を相殺するようなインピーダンス調整は、マッチング制御部 1 1 4 によってプラズマ処理中において継続的に行われることになる。

ここでインピーダンス調整の状況を、図 3 に示すスミスチャートを用いて説明する。まず、矩形導波管 8 2 B 上の同調棒 1 0 4 を調整することにより、検出本体 1 1 2 からみた合成インピーダンスはスミスチャート上の曲線 b の軌跡を動き、最終的に中心 O の位置に移動でき、マッチングすることができる。従って、平面アンテナ部材 7 4 を昇降させることにより、曲線 a の軌跡ができるような距離 L_2 を決定すればよい。理想的には、曲線 a に示されるように、検出本体 1 1 2 からみた合成インピーダンスは正規化インピーダンスの実数部一定の円上を移動する。

この時の平面アンテナ部材 7 4 における距離 L_2 の最大ストローク量は、マイクロ波の波長にもよるが、遅波材 7 6 による短縮波長 λ_1 の $1/2$ 程度、例えば 60 mm 程度である。

このように、昇降する平面アンテナ部材 7 4 と上下動する同調棒 1 0 4 とによってマッチング機能を持たせるようにしたので、従来装置において必要とされた大型のマッチング回路 3 4 (図 9 参照) が不要となり、しかも導波管自体も短くでき、その分、マイクロ波の伝搬系を大幅に小型且つ軽量化することができる。

また、このようにマイクロ波の伝搬系の小型且つ軽量化によって、導波管 8 2 (8 2 A 及び 8 2 B を含む)、モード変換器 8 8 及びマイクロ波発生源 8 4 を、シールド蓋体 7 8 側へ一体的に組み付けて搭載することができ、この結果、装置のメンテナンス時に、このシールド蓋体 7 8 を処理容器 4 2 側から取り外すだけでメンテナンス作業を実行することができるので、メンテナンス作業の迅速化を図ることができる。

また、多重反射波が発生する導波管全体の長さも短くできるので、その分、マイクロ波の損失も抑制することが可能となる。

尚、上記実施例では、同調棒 1 0 4 を、矩形導波管 8 2 B 内への挿入量だけを

調整できるようにしたが、これに限定されず、矩形導波管 8 2 B の長さ方向へも移動調整可能となるような構造としてもよい。図 4 はこのような同調棒の変形例を示す部分拡大図である。すなわち、ここではピン孔 1 0 0 を、矩形導波管 8 2 B の長さ方向に沿ってある程度の長さを有する長孔とし、そして、この同調棒 1 0 4 を直接的に上下動させるアクチュエータ 1 0 2 を、別の第 2 のアクチュエータ 1 2 0 により矩形導波管 8 2 B の長さ方向へ移動可能となるように保持する。そして、この第 2 のアクチュエータ 1 2 0 は、保持具 1 0 6 によって矩形導波管 8 2 B 側へ支持固定される。尚、上記構成部分は、マイクロ波の漏洩を防止するシールド 1 2 1 によって覆われる。

これによれば、同調棒 1 0 4 の矩形導波管 8 2 B 内への挿入量のみならず、矩形導波管 8 2 B の長さ方向に対する位置調整も行うことができるので、その分、マッチング調整を適正に行うことが可能となる。

また、上記実施例では、平面アンテナ部材 7 4 を昇降させることにより、これとシールド蓋体 7 8 との間の距離 L 2 を変化させるようにしたが、これに代えて、シールド蓋体 7 8 側を昇降させるようにしてもよい。図 5 は、このような本発明装置の第 2 の実施例を示す構成図である。尚、図 1 にて説明した部分と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。

図示するように、この第 2 の実施例では、平面アンテナ部材 7 4 は、処理容器 4 2 の上部の支持部材 6 6 側へ固定されており、また、同軸導波管 8 2 A 内の内導体 9 0 の上端部は、リッジ 9 4 によりモード変換器 8 8 側へ固定されて、これにはネジ駆動モータ 9 6 (図 1 参照) が設けられていない。そして、内導体 9 0 の下端部は、平面アンテナ部材 7 4 の中心に接続されている。

そして、シールド蓋体 7 8 の下端部は、上記支持部材 6 6 の上部に固定されてはおらずに、この支持部材 6 6 の上部に、上下方向へ摺動可能に嵌め込まれている。そして、上記シールド蓋体 7 8 の側面には、その周方向に略等間隔で離間させて複数、例えば 3 つのラック 1 2 4 (図示例では 2 のみ記す) が設けられており、各ラック 1 2 4 には、支持部材 6 6 或いは処理容器 4 2 側に固定された駆動モータ 1 2 6 によって正逆回転される回転ネジ 1 2 8 が歯合され、この回転ネジ 1 2 8 を正逆回転することによって、上記シールド蓋体 7 8 及びその上部構造物

を一体的に昇降移動できるようになっている。これにより、このシールド蓋体 78 と平面アンテナ部材 74 との間の距離 L_2 を任意に調整できることになる。

この第 2 の実施例の場合にも、先に図 1 を参照して説明した装置例と同様な作用効果を発揮できるのみならず、この実施例の場合にはアンテナ部材 74 を固定している結果、このアンテナ部材 74 と処理空間 S との間の距離が変動しないので、処理容器 42 内のプラズマ発生空間の位置が変動しない、という利点を有する。

また、上記各実施例では、同調棒 104 を設け、平面アンテナ部材 74 をシールド蓋体 78 に対して相対的に昇降移動可能とすることにより、マッチング機能を持たせるようにしたが、これに代えて、プリント配線基板を用いて小型のマッチング回路を構成するようにしてもよい。

図 6 はこのような本発明のプラズマ処理装置の第 3 の実施例を示す構成図、図 7 はプリント配線基板を用いたマッチング回路を示す構成図である。尚、図 1 にて説明した部分と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。

図 6 に示すように、ここでは導波管 82 として同軸導波管 82A のみを用いており、これを、シールド蓋体 78 の中央部に起立させて設けると共に、その上端に第 3 の実施例にて特徴とする小型のマッチング回路 130 が設けられている。更に、このマッチング回路 130 は同軸線 140 にてマイクロ波発生源 84 に接続されている。

具体的には、このマッチング回路 130 は、図 7 にも示すように、ベースがプリント配線基板 132 により形成されている。このプリント配線基板 132 には、進相部品であるコンデンサとスイッチ素子との直列接続が複数個、図示例では 6 個並列接続されており、上記並列接続の途中に遅相部品である 1 つのコイル 134 が介設されている。上記コンデンサとスイッチ素子の直列接続は、6 個のコンデンサ C1～C6 と、それぞれに直列接続したスイッチ素子 SW1～SW6 とよりなり、コンデンサ C3 とコンデンサ C4 との途中に上記コイル 134 が介設されている。そして、コンデンサ C1 の一端が、上側の同軸線 140 に接続され、コンデンサ C6 の一端が、下側の内導体 90 に接続されている。

ここで、上記各コンデンサ C1～C6 の容量は互いに異なっており、それぞれ

異なる重み付けがなされている。例えば上記各符号を容量値とすると、次に示すように各容量値は2のべき乗に従って重み付けがなされている。

$$C2 = 2^1 \times C1$$

$$C3 = 2^2 \times C1$$

$$C4 = 2^3 \times C1$$

$$C5 = 2^4 \times C1$$

$$C6 = 2^5 \times C1$$

そして、上記スイッチ素子SW1～SW6を適宜組み合わせて切り替えることにより、全体としての合成容量値を幅広い範囲に亘って変更することができるようになっている。これらの各コンデンサC1～C6は、プリント配線基板132上に、パターンエッチング等により容易に形成することができる。

また、上記スイッチ素子SW1～SW6としては、例えばプリント配線基板132上にPINダイオードを配置することにより容易に形成することができる。また、このPINダイオードに代えて、機械的な超小型のリレーを用いるようにしてもよい。そして、これらの各スイッチ素子SW1～SW6は、マッチング制御部114からの指令により、適切に切り替えられるようになっている。

尚、直列接続を形成するコンデンサは6個に限定されず、更に増加するように構成すれば、その分、リアクタンスの分解能を高くすることができる。また、反射波検出部108やマッチング制御部114は、これらの機能を集積回路化したICチップを用いて、これをプリント配線基板132上に搭載してもよいし、或いはこれらの機能を実行する回路をプリント配線基板132内に組み込むようにしてもよい。

この第3の実施例によれば、マイクロ波制御部114からの指令によって各スイッチ素子SW1～SW6の開閉を適宜選択することにより、このマッチング回路130のインピーダンスを適切に変化させて、マイクロ波の反射波を相殺させることができる。

また、上記構成はPCB (Printed Circuit Board) に実現することもできる。上記第3の実施例において、コンデンサ、コイル等はマイクロストリップラインを使用して図8 (A) に示すオープンスタブ、図8

(B) に示すショートスタブを利用すれば進相部品及び遅相部品として利用できる。ここで図 8 (A) において、スタブ 150 の長さ L が、 $L < 1/4$ 波長の範囲ではキャパシタ (進相部品) として、 $1/4$ 波長 $< L < 1/2$ 波長の範囲ではインダクタ (遅相部品) としてそれぞれ機能する。

また、図 8 (B) において、スタブ 152 の長さ L が、図 8 (A) とは逆に、 $L < 1/4$ 波長の範囲ではインダクタ (遅相部品) として、 $1/4$ 波長 $< L < 1/2$ 波長の範囲ではキャパシタ (進相部品) としてそれぞれ機能する。

これらのスタブの長さ L を色々変更することにより、種々の進相素子及び遅相素子を PCB 上に製作できる。

従って、この場合にも、従来装置の大型のマッチング回路を不要にして、これの小型化及び軽量化を図ることができ、先に説明した実施例と同様な作用効果を発揮することができる。

尚、本実施例では、半導体ウエハに成膜処理する場合を例にとって説明したが、これに限定されず、プラズマエッチング処理、プラズマアッシング処理等の他のプラズマ処理にも適用することができる。また、被処理体としても半導体ウエハに限定されず、ガラス基板、LCD 基板等に対しても適用することができる。

以上説明したように、本発明のプラズマ処理装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

本発明に係るプラズマ処理装置によれば、マイクロ波の反射波を抑制するマッチング機能を、相対的に上下動する平面アンテナ部材と導波管に対して挿入量が調整可能になされた同調棒に持たせるようにしたので、その分、マイクロ波の伝搬系の構造自体を大幅に小型化することができ、従って、マイクロ波発生源を含むマイクロ波の伝搬系をシールド蓋体上に一体的に搭載させることができる。

この結果、プラズマ処理装置のメンテナンス時には、導波管等を取り外すことなく、シールド蓋体を処理容器側から取り外すだけで、これを撤去することができ、メンテナンス作業を迅速、且つ容易に行うことができる。

また、マイクロ波を伝搬する導波管の長さを短くできるので、その分、反射波の発生や電力ロスを抑制することができる。

また、本発明に係るプラズマ処理装置によれば、また、プリント配線基板を用

いてることにより、マッチング回路を小型化したので、その分、マイクロ波の伝搬系の構造自体を大幅に小型化することができ、従って、マイクロ波発生源を含むマイクロ波の伝搬系をシールド蓋体上に一体的に搭載させることができる。

この結果、プラズマ処理装置のメンテナンス時には、導波管等を取り外すことなく、シールド蓋体を処理容器側から取り外すだけで、これを撤去することができる。メンテナンス作業を迅速、且つ容易に行うことができる。

また、マイクロ波を伝搬する導波管の長さを短くできるので、その分、反射波の発生や電力ロスを抑制することができる。

請 求 の 範 囲

1. 真空引き可能になされた処理容器と、
前記処理容器内に設けられた、被処理体を載置する載置台と、
前記処理容器の天井の開口部に設けられたマイクロ波透過板と、
前記マイクロ波透過板を介して前記処理容器内にマイクロ波を供給するための
平面アンテナ部材と、
前記平面アンテナ部材の上方を覆うように接地されたシールド蓋体と、
マイクロ波発生源からのマイクロ波を前記平面アンテナ部材へ導くための導波
管と、
前記アンテナ部材と前記シールド蓋体との間の上下方向の距離を相対的に変化
させる部材昇降機構と、
前記導波管内に対して挿入可能に設けられた同調棒と、
前記同調棒を、その挿入量を調整可能に移動させる同調棒駆動機構と、
前記平面アンテナ部材の昇降量と前記同調棒の挿入量とを制御することにより
マッチング調整を行うマッチング制御部と
を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。
2. 前記同調棒よりも上流側の導波管には、前記マイクロ波の反射波の状態
を検出する反射波検出部が設けられる
ことを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。
3. 前記検出される反射波の状態は、電力と位相である
ことを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。
4. 前記導波管の途中には、前記マイクロ波の振動モードを変換するための
モード変換器が設けられている
ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。
5. 前記導波管内には、前記アンテナ部材を昇降させるための可動軸が設け
られる
ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。
6. 真空引き可能になされた処理容器と、

前記処理容器内に設けられた被処理体を載置する載置台と、
前記処理容器の天井の開口部に設けられたマイクロ波透過板と、
前記マイクロ波透過板の上方に設けられた平面アンテナ部材と、
前記平面アンテナ部材の上方を覆うように接地されたシールド蓋体と、
マイクロ波発生源からのマイクロ波を前記平面アンテナ部材へ導くための導波手段と、

前記マイクロ波発生源から前記平面アンテナ部材までの間に形成され、プリント配線基板に進相部品と遅相部品とスイッチ素子とを配列してなるマッチング回路と、

前記スイッチ素子を切り替えることによりマッチング調整を行うマッチング制御部と

を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

7. 前記進相部品と前記遅相部品とをマイクロストリップラインで構成したことを特徴とする請求項6記載のプラズマ処理装置。

8. 前記スイッチ素子は、ピンダイオードであることを特徴とする請求項6記載のプラズマ処理装置。

1/8

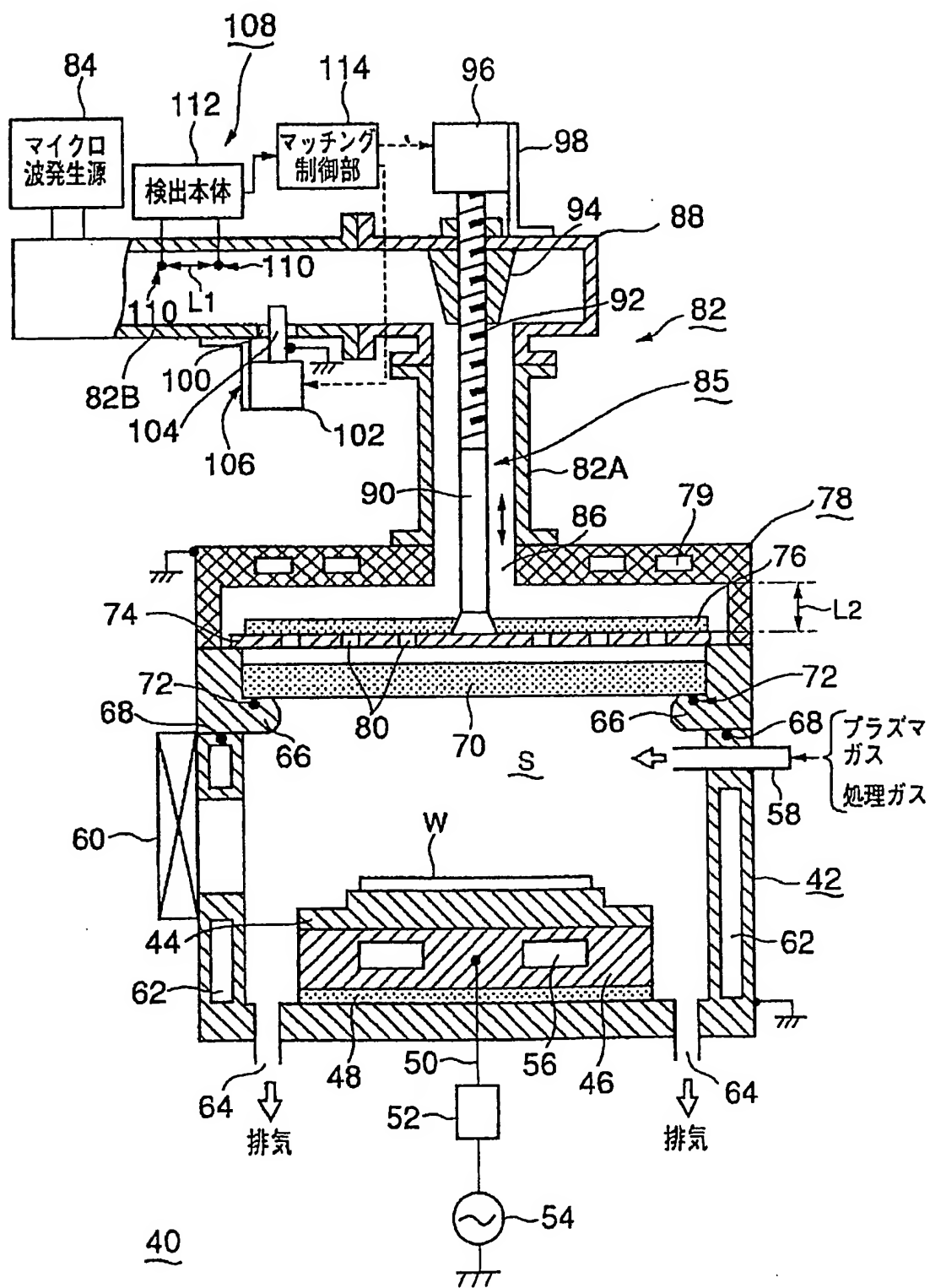


FIG. 1

2/8

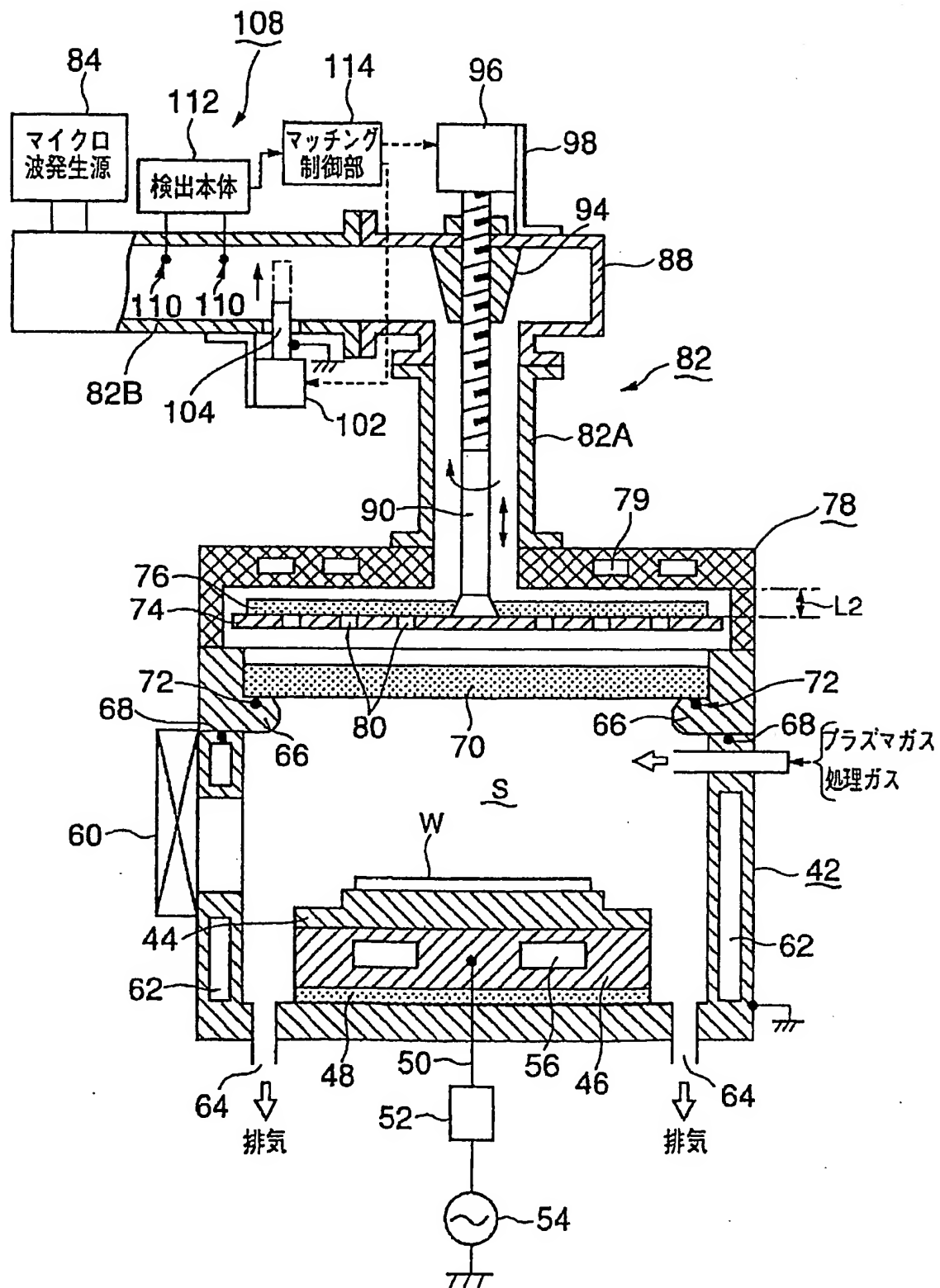


FIG. 2

3/8

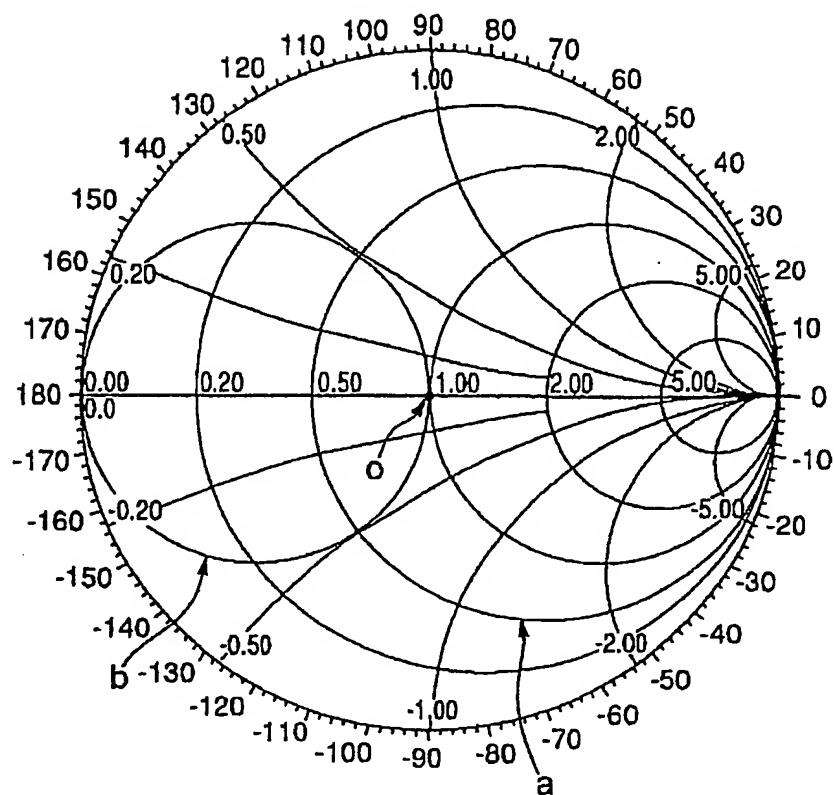


FIG. 3

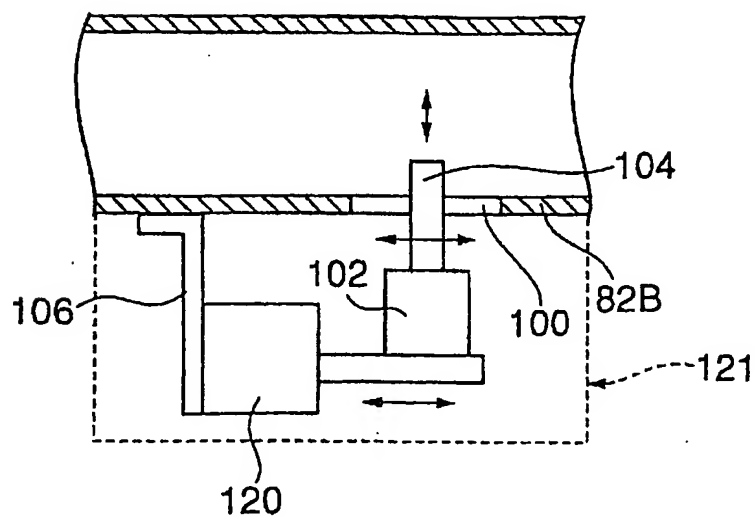


FIG. 4

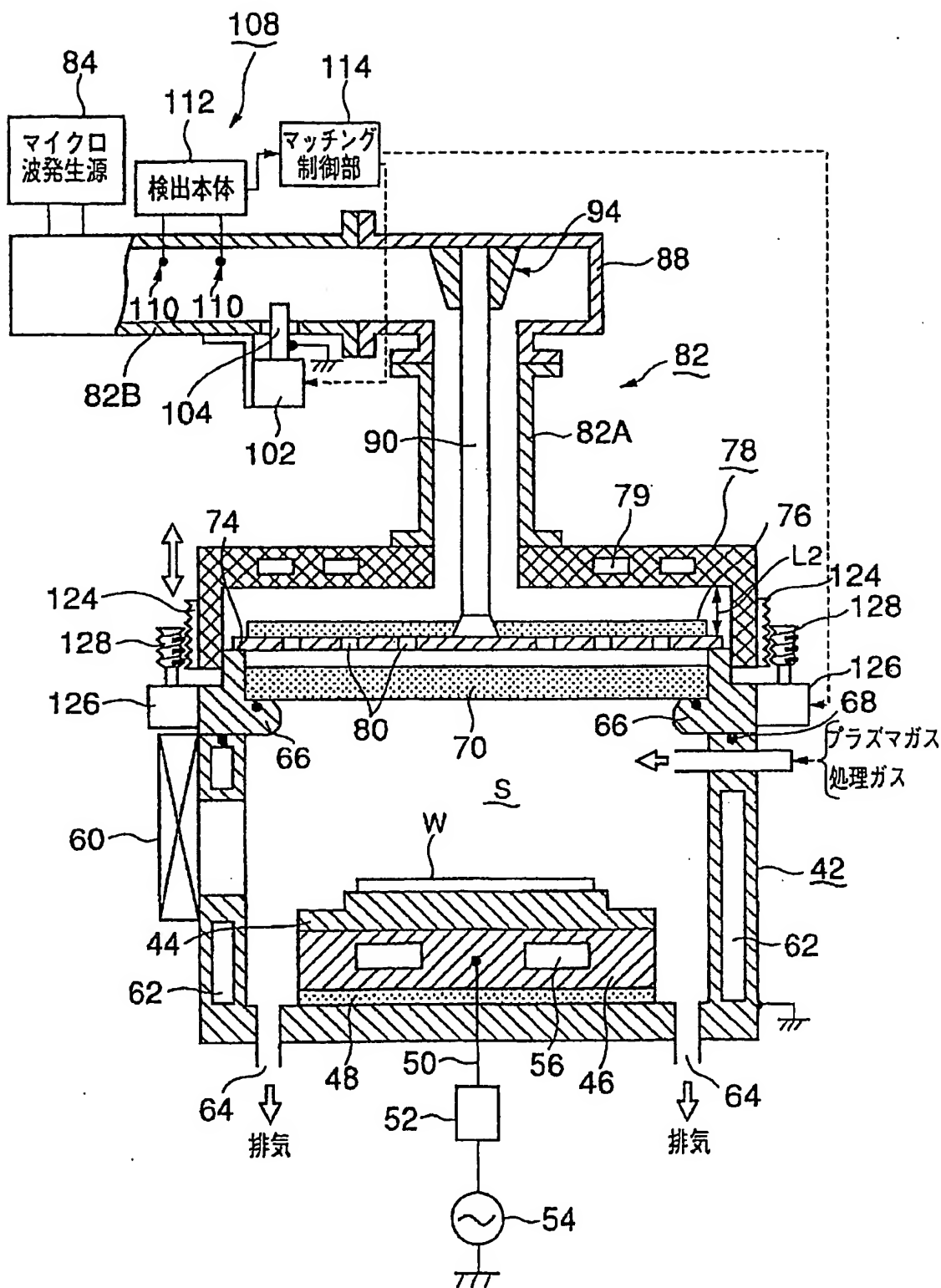


FIG. 5

5/8

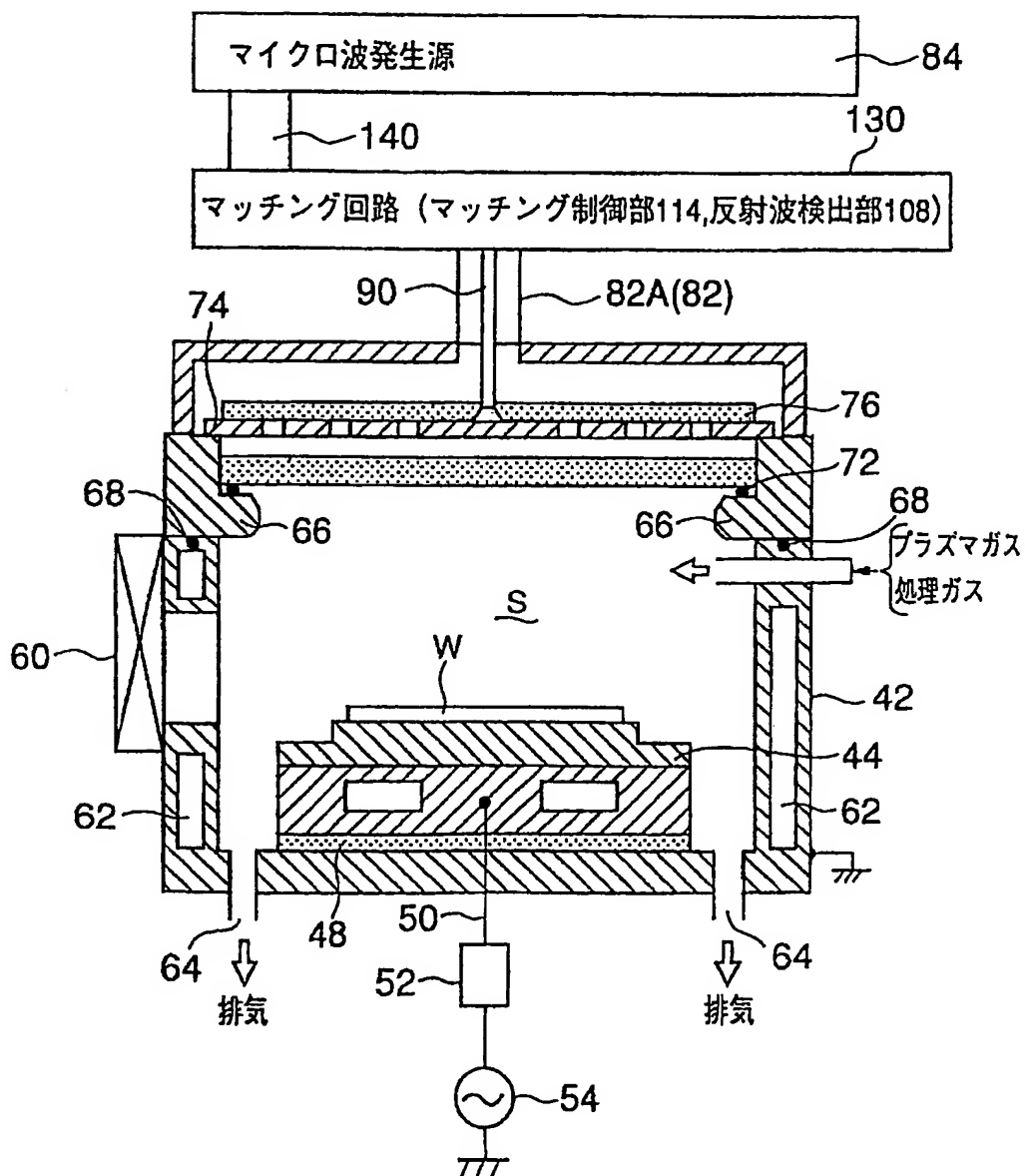


FIG. 6

6/8

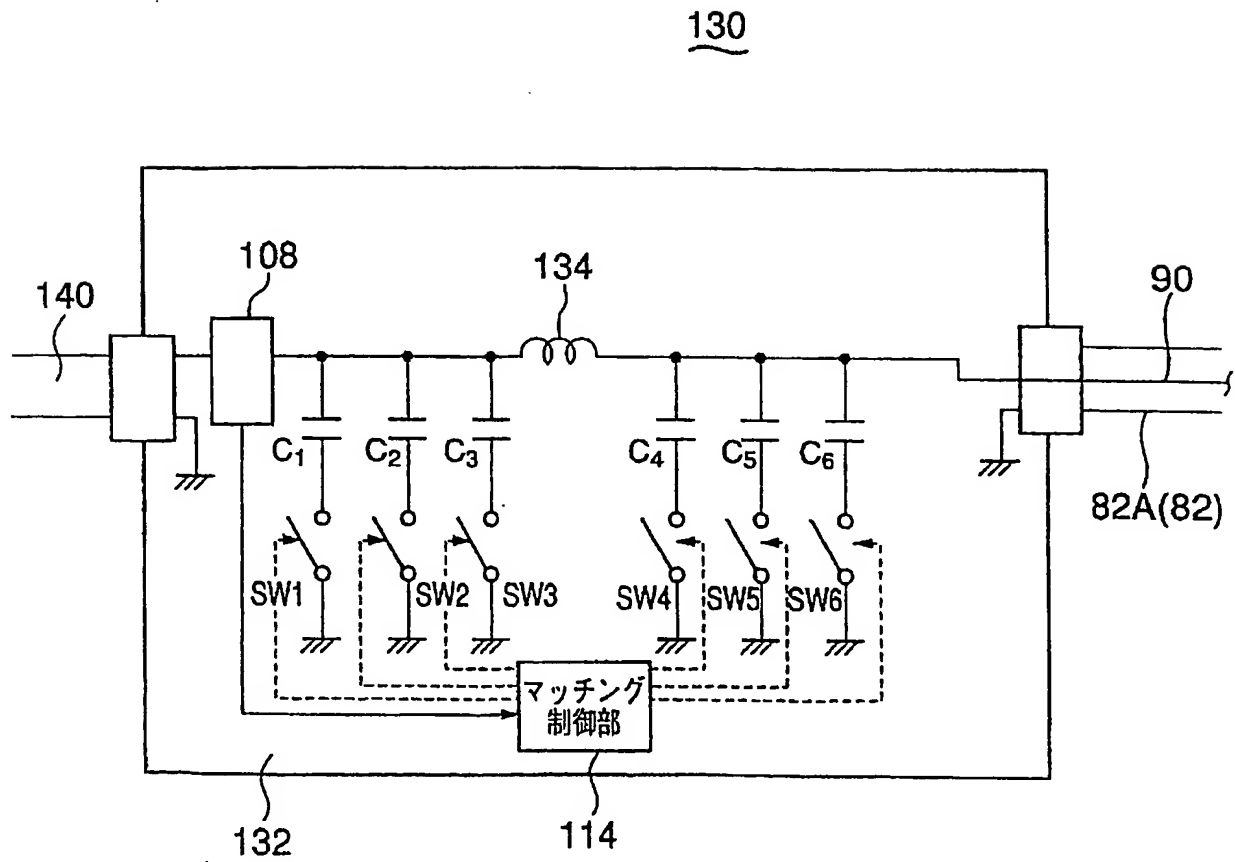


FIG. 7

7/8

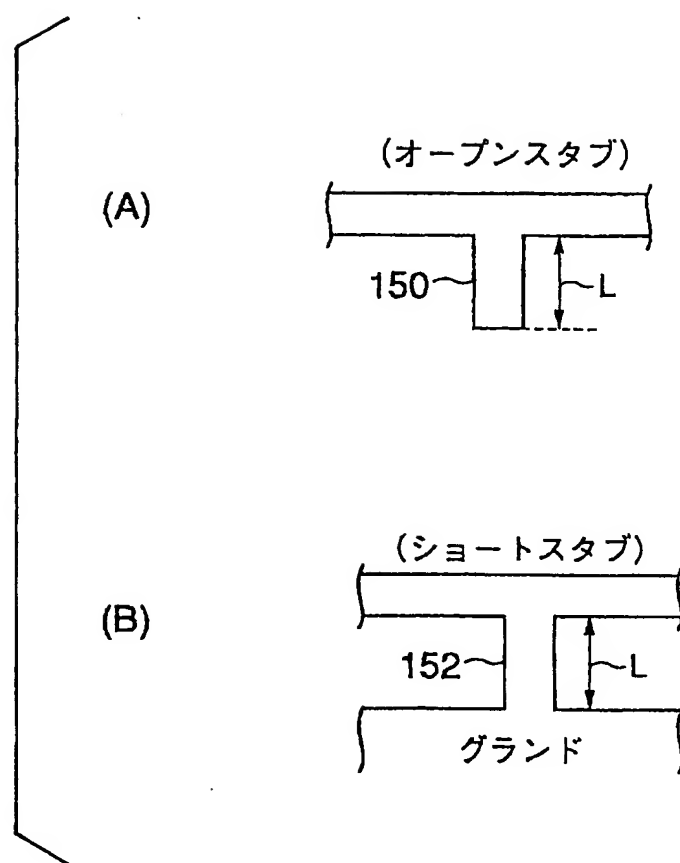


FIG. 8

8/8

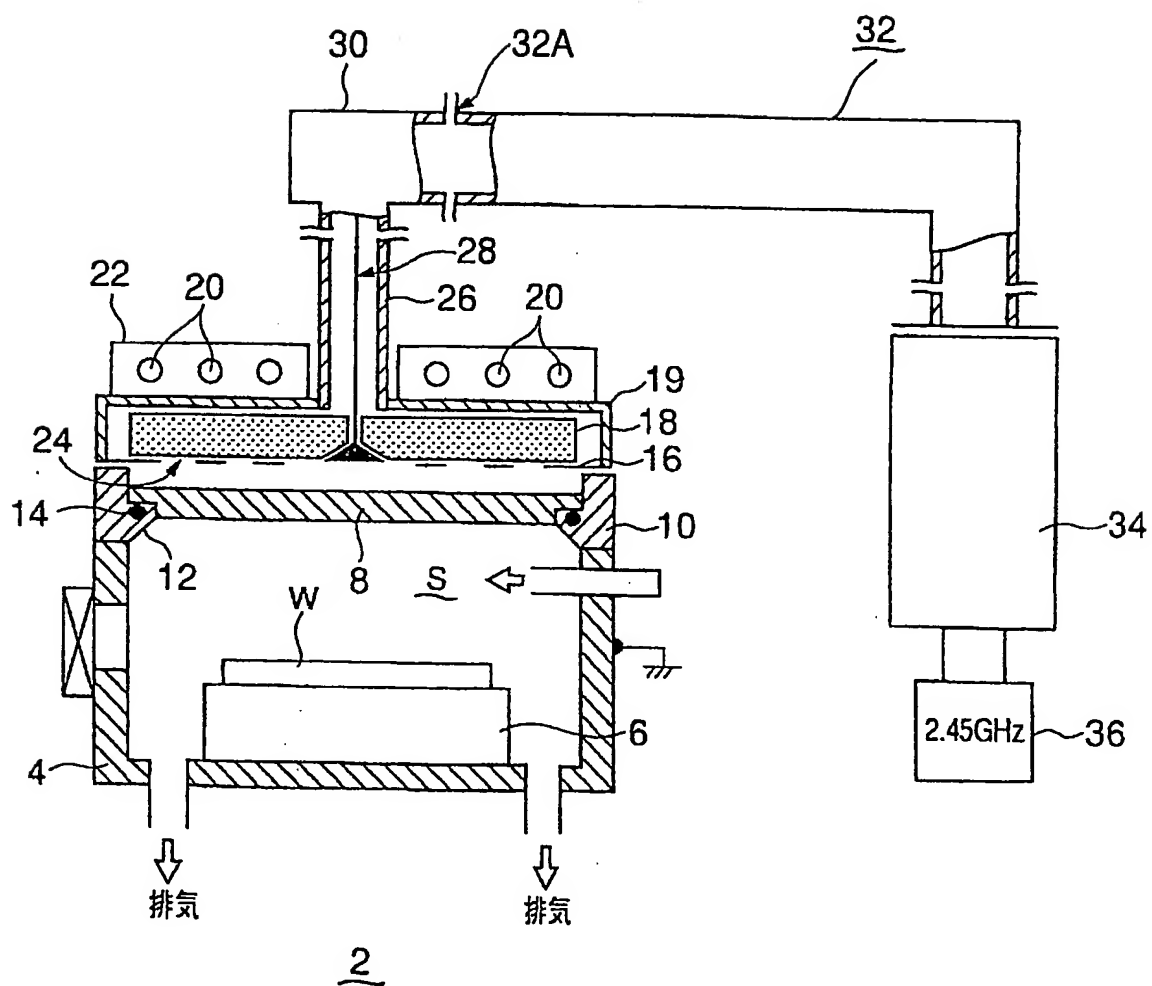


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12279

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/31, H01L21/302, H05H1/46, H01P5/00, H01J27/16,
H01J37/08, C23C16/511, C23F4/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/31, H01L21/302, H05H1/46, H01P5/00, H01J27/16,
H01J37/08, C23C16/511, C23F4/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-012594 A (HITACHI, LTD.), 16 January, 1998 (16.01.98), Fig. 1 (Family: none)	1-8
A	EP 478283 A2 (HITACHI, LTD.), 01 April, 1992 (01.04.92), Figs. 15, 16 & JP 4-217318 A & US 5520771 A & KR 237587 B1	1-8
A	JP 64-042130 A (HITACHI, LTD.), 14 February, 1989 (14.02.89), Fig. 1 (Family: none)	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
17 February, 2003 (17.02.03)

Date of mailing of the international search report
04 March, 2003 (04.03.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12279

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 016053/1989 (Laid-open No. 106824/1990) (Toshiba Corp.), 24 August, 1990 (24.08.90), Fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 6-061153 A (HITACHI, LTD.), 04 March, 1994 (04.03.94), Fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 2001-326216 A (Shibaura Mechatronics Co., Ltd.), 22 November, 2001 (22.11.01), Fig. 5 (Family: none)	1-8
A	JP 64-014921 A (Anelva Corp.), 19 January, 1989 (19.01.89), Fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 6-231711 A (Nissin Electric Co., Ltd.), 19 August, 1994 (19.08.94), Fig. 1 (Family: none)	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12279

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-5 relate to a plasma processor for relatively varying the vertical distance between an antenna member and a shield lid.

The inventions of claims 6-8 relate to a plasma processor comprising a matching circuit wherein a phase-advancing component, a phase-delaying component, and a switch device are arranged on a printed wiring board.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L21/31, H01L21/302, H05H1/46, H01P5/00, H01J27/16, H01J37/08, C23C16/511, C23F4/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ H01L21/31, H01L21/302, H05H1/46, H01P5/00, H01J27/16, H01J37/08, C23C16/511, C23F4/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 10-012594 A (株式会社日立製作所) 1998. 01. 16、図1 (ファミリーなし)	1-8
A	E P 478283 A2 (HITACHI, LTD.) 1992. 04. 0 1、FIG. 15, FIG. 16 & J P 4-217318 A & US 5520771 A & KR 237587 B1	1-8
A	J P 64-042130 A (株式会社日立製作所) 1989. 02. 14、第1図 (ファミリーなし)	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 02. 03

国際調査報告の発送日

04.03.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 浩一



4R

8617

電話番号 03-3581-1101 内線 3469

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	日本国実用新案登録出願1-016053号(日本国実用新案登録出願公開2-106824号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(株式会社東芝)1990.08.24、第1図(ファミリーなし)	1-8
A	JP 6-061153 A(株式会社日立製作所)1994.03.04、図1(ファミリーなし)	1-8
A	JP 2001-326216 A(芝浦メカトロニクス)2001.11.22、図5(ファミリーなし)	1-8
A	JP 64-014921 A(日電アネルバ株式会社)1989.01.19、第1図(ファミリーなし)	1-8
A	JP 6-231711 A(日新電機株式会社)1994.08.19、図1(ファミリーなし)	1-8

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-5は、アンテナ部材とシールド蓋体との上下方向の距離を相対的に変化させるプラズマ処理装置に関するものである。

請求の範囲6-8は、プリント配線基板に進相部品と遅相部品とスイッチ素子とを配列してなるマッチング回路を備えたプラズマ処理装置に関するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.